



ETHA WIND



VÄLKESELVITYS

Mastbackan Tuulipuisto, 12.03.2021

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	3
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	4
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	7
4.1	mastbackan välkevaikutukset	7
4.2	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	9
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	11
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	11
5	LÄHTEET	12
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	13

VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1, 2020-01-22	Arina Makarova	Caroline Kullbäck	Christian Granlund	Mastbackan tuulivoimapuiston välkeselvitys.
Ver 2, 2021-03-12	Arina Makarova	Christian Granlund	Christian Granlund	Mastbackan tuulivoimapuiston välkeselvitys; päivitetty sijoitussuunnitelma. Kokonaiskorkeus 270 m.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Mastbackan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.3 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.

Tulokset:

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Mastbackan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä
> 10 h/v, todellinen tilanne	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	1

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Mastbackan tuulivoimapuistolle Pedersören kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 6 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusvaiheessa. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 270 metriä.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.3 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljöministeriet, 2015). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan aamuisin ja iltaisin, kun aurinko on matalalla. Talvisin välkettä voidaan havaita laajemmalla alueella myös päivällä. Etäisyyden kasvaessa tuulivoimalan ja tarkastelupisteen välissä, välkkeen vaikutus pienenee. Kun tuulivoimala ei pyöri, välkettä ei esiinny. Välkevaikutus riippuu myös tuulen suunnasta eli roottorin kulmasta havainnointipisteeseen nähden.

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kesto aika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta väkelähteeseen.

Ihmiset kokevat välkevaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Suositusarvot ylittävä määrä varjovälkettä asuinalueella voi vaikuttaa asukkaiden viihtyvyyteen. Se havaitaanko varjovälkettä asuinalueella, loma-asunnolla tai työmaa-alueella, vaikuttaa ilmiön häiritsevyyteen. Myös eri hankkeiden varjovälkkeen kumuloituminen voi vaikuttaa lähialueen asuinvihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



Kuva 1. Varjovälkettä muodostuu, kun tuulivoimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä, aurinkoisella ja pilvettömällä säällä.

3.1 OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

Teoreettinen maksimitilanne tarkoittaa tilannetta, jossa kaikkien voimaloiden oletetaan olevan toiminnassa keskeytyksettä, ja taivaan oletetaan aina olevan pilvetön. Aurinkoisina ajanjaksoina teoreettisen maksimitilanne voi toteutua päivätasolla, mutta käytännössä ei vuositasolla. Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

3.2 VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

Välkkeen muodostumiseen vaikuttavat oleellisesti sääolosuhteiden lisäksi voimaloiden käyttöaika, korkeus ja roottorin halkaisija. Myös kasvillisuus ja puusto vaikuttavat oleellisesti välkevaikutuksen muodostumiseen. Välkemallinnus on tehty sekä ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia että suojavaikutus huomioiden.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja -määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä WindPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin

paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen. Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat välkearvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen Tuuliatlaksen tietoja.

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mikäli voimala on niin kaukana havainnointipisteestä, että sen lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei havainnointi pisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

Välkemallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuoneasetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen säähavaintoja. Seinäjoen havaintoasema sijaitsee noin 70 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Seinäjoen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Tuuliatlaksen perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
Puuston vaikutus	Ei huomioitu
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne

8 h/v todellinen tilanne
30 h/v teoreettinen tilanne
30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	1,00
Helmikuu	2,82
Maaliskuu	4,23
Huhtikuu	6,60
Toukokuu	8,78
Kesäkuu	9,10
Heinäkuu	8,87
Elokuu	6,81
Syyskuu	4,67
Lokakuu	2,52
Marraskuu	1,17
Joulukuu	0,58
Keskiarvo	4,76

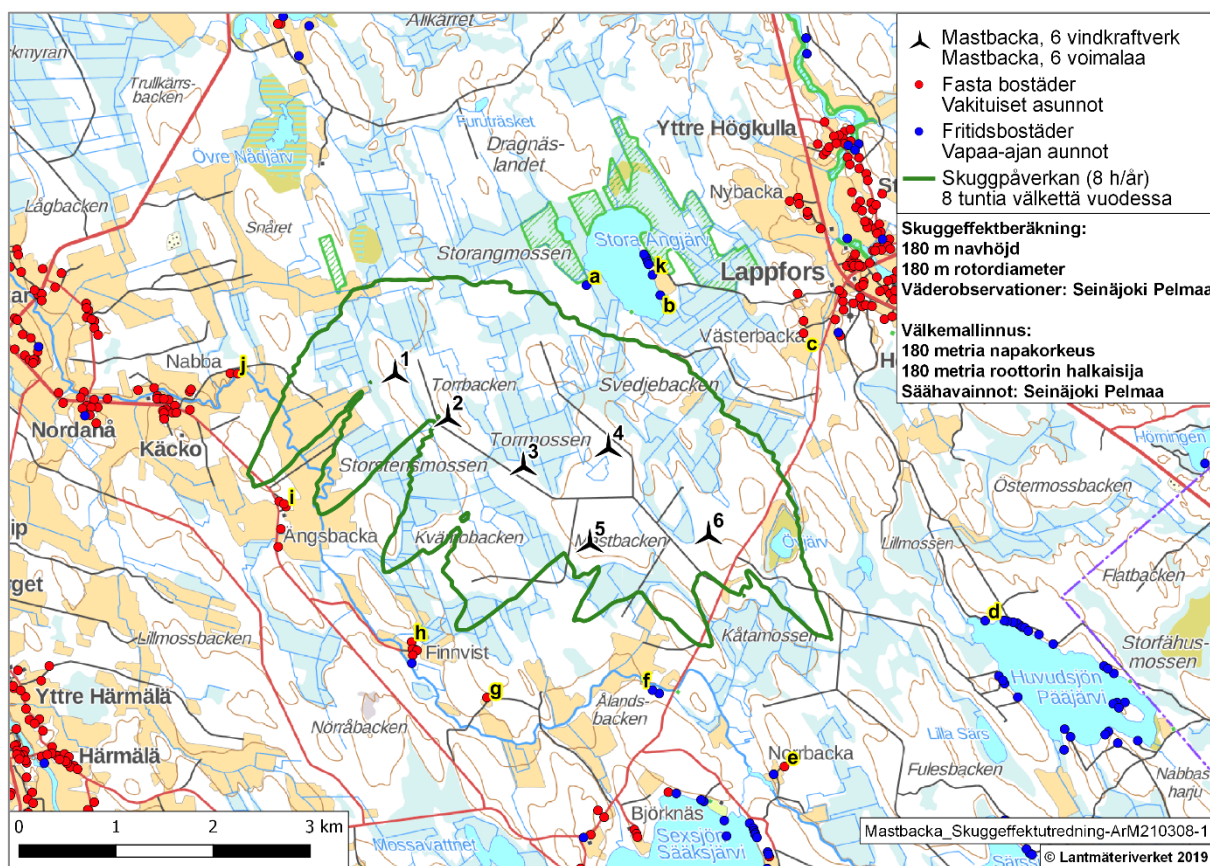
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	638
Pohjoiskoillinen	504
Itäkoillinen	429
Itä	396
Itäkaakko	490
Eteläkaakko	726
Etelä	1056
Etelälounas	1180
Länsilounas	848
Länsi	706
Länsiluode	504
Pohjoisluode	518
Summa	7995

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 MASTBACKAN VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Mastbackan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-k) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä.

yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Edelliseen raporttiin verrattuna voimalaitosmallin lapojen tiedot on päivitetty, uusien tietojen tultua saatavilla. Tämän myötä joissakin asunnoissa varjovälkeajat ovat hieman lisääntyneet. Käytetyt raja-arvot eivät kuitenkaan ole ylittyneet.

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Mastbacka

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	307627	7049347	5:08	43:49	0:49	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	308388	7049245	2:07	19:11	0:27	Ei
c	Vakituinen asunto	309863	7048853	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	311735	7045893	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	309667	7044392	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	308307	7045179	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	306602	7045103	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	305827	7045674	3:07	11:45	0:21	Ei
i	Vakituinen asunto	304533	7047068	3:58	14:54	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	304034	7048436	2:33	11:45	0:26	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	308308	7049453	1:57	18:34	0:24	Ei

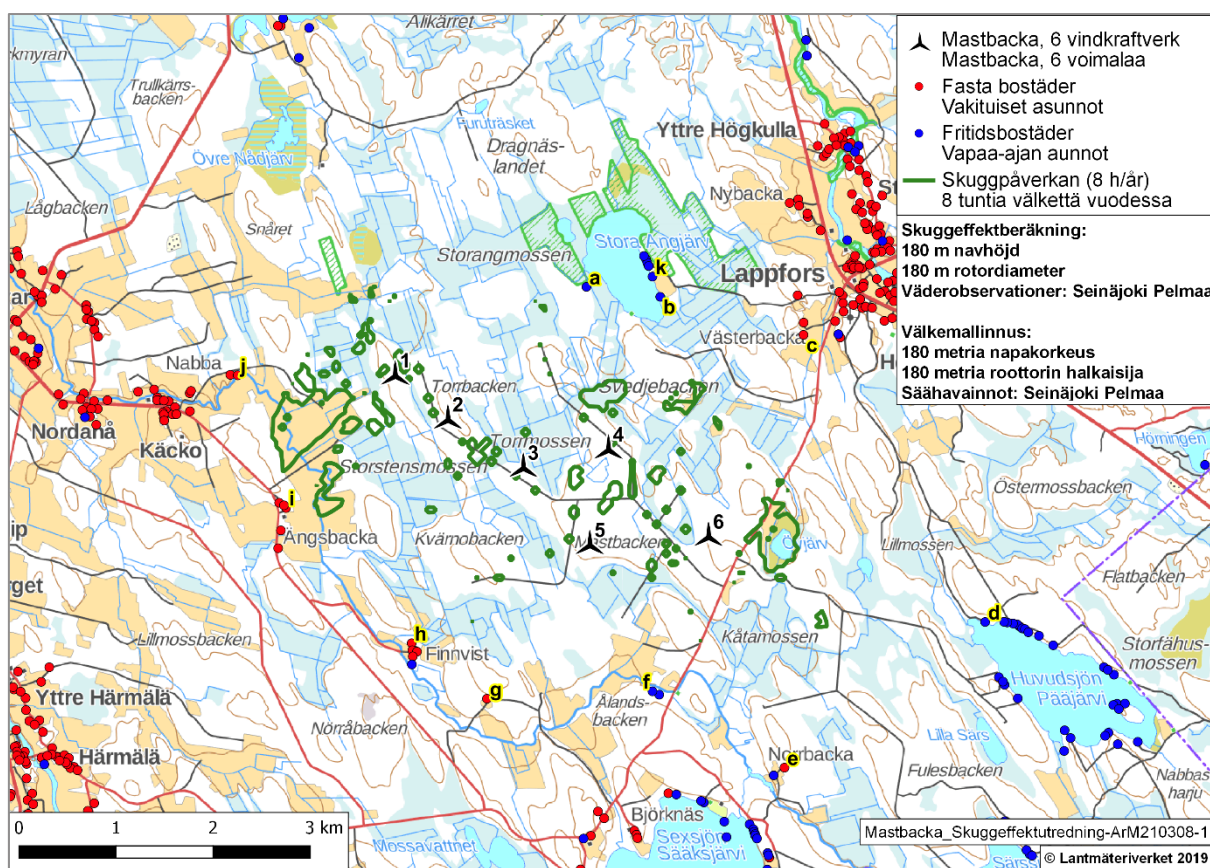
Suositusarvojen ylistys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

4.2 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

Korkean puuston peittäessä tuulivoimalat, havainnointipisteeseen ei muodostu lainkaan varjovälkettä. Kasvillisuuden peittäessä tietyt tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee.

Puuston korkeustiedot on poimittu metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (METLA, 2017).

Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Mastbackan alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-k) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Kartalta näkyy, että välkkeen vaikutusalue on selvästi pienempi, kun puuston vaikutus on huomioitu (vrt. kuva 3). Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välkeä on pienempi neljässä havainnointipisteissä, joissa välkettä ei kohdistu lainkaan. Puuston suojaava vaikutus huomioiden

vertailuarvoja ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Mastbackan väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu 11 havainnointipisteen osalta taulukossa 6.

Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus- arvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	307627	7049347	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	308388	7049245	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	309863	7048853	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	311735	7045893	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	309667	7044392	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	308307	7045179	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	306602	7045103	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	305827	7045674	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	304533	7047068	3:58	14:54	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	304034	7048436	2:33	11:45	0:26	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	308308	7049453	0:00	0:00	0:00	Ei

Suositusarvojen ylistys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

4.3 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Välkemallinnus edustaa keskimääräistä varjostustilannetta, jossa pohjana on käytetty pitkän ajan tilastollisia sääarvoja. Mikäli sääolosuhteet poikkeavat merkittävästi tilastoiduista arvoista, saattaa myös välkkeen määrä poiketa.

Tuulivoimaloiden käyttöaste, eli aika jolloin voimalat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Välkemallinnuksessa ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.4 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä roottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään myös pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

5 LÄHTEET

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). *Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.*

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu / OH 5/2016. Helsinki.*

LAI (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), Länderausschuss für Immissionsschutz-Arbeitsgruppe Schattenwurf.*

Boverket (2009). *Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden.*

Etha Wind Oy (2019). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev10.* Internal work description.

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	305658	7048425	180 / 180 / 270
2	306201	7047971	180 / 180 / 270
3	306978	7047474	180 / 180 / 270
4	307855	7047662	180 / 180 / 270
5	307663	7046679	180 / 180 / 270
6	308886	7046764	180 / 180 / 270